

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/EP04/10552



REC'D	08 OCT 2004
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 44 972.8

**Anmeldetag:**

27. September 2003

**Anmelder/Inhaber:**ZF Friedrichshafen AG,  
Friedrichshafen/DE**Bezeichnung:**Antriebsstrang eines Allradfahrzeuges und  
Verfahren zum Steuern und Regeln eines  
Antriebsstranges**IPC:**

B 60 K 17/34

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 30. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Antriebsstrang eines Allradfahrzeuges und Verfahren zum  
Steuern und Regeln eines Antriebsstranges

5 Die Erfindung betrifft einen Antriebsstrang eines Allradfahrzeugs mit wenigstens zwei antreibbaren Fahrzeugachsen und mit einem zwischen einer Antriebsmaschine und den Fahrzeugachsen angeordneten Hauptgetriebe und ein Verfahren zum Steuern und Regeln eines derartigen Antriebsstranges.

Bei aus der Praxis bekannten Fahrzeugen wird ein von einer Antriebsmaschine erzeugtes Antriebsmoment eines Antriebsstranges in ein Getriebe eingeleitet und in Abhängigkeit einer in dem Getriebe eingestellten Übersetzung entsprechenden umgewandelten Größe zu Antriebsrädern des Fahrzeugs geführt. Bei Fahrzeugen, wie beispielsweise Allrad-PKWs oder allradgetriebenen LKWs, die mit mehreren antreibbaren Fahrzeugachsen ausgeführt sind, wird die Leistung einer Antriebsmaschine im Antriebsstrang eines derartigen Fahrzeuges auf jeweils in den Kraftfluss zugeschaltete Fahrzeugachsen verteilt.

Zur Leistungsverteilung werden üblicherweise sogenannte Differentialgetriebe eingesetzt, wobei Längsdifferential in Fahrtrichtung gesehen zur Längsverteilung der Antriebsleistung der Antriebsmaschine auf mehrere angetriebene Fahrzeugachsen eines Fahrzeugs eingesetzt werden. Sogenannte Querdifferenziale bzw. Ausgleichsgetriebe werden in Bezug auf die Fahrtrichtung eines Fahrzeugs zu einer Querverteilung der Antriebsleistung auf Antriebsräder einer Fahrzeugachse verwendet.

Des Weiteren stellen sogenannte Kegelraddifferentiale, Stirnraddifferentiale in Planetenbauweise oder auch Schneckenraddifferentiale in der Praxis herkömmlich verwendete Bauarten von Differentialgetrieben dar. Insbesondere Stirnraddifferentiale werden wegen der Möglichkeit zur unsymmetrischen Momentenverteilung meist als Längsdifferentiale eingesetzt. Kegelraddifferentiale stellen dagegen mittlerweile für einen Querausgleich bei Fahrzeugen einen Standard dar und Schneckenraddifferentiale werden sowohl zur Längsverteilung als auch für eine Querverteilung eines Antriebsmomentes bzw. eines Getriebeausgangsmomentes im Antriebsstrang eingesetzt.

Mit Hilfe derartiger Verteilergetriebe besteht die Möglichkeit, ein Antriebsmoment in beliebigen und fest vorgegebenen Verhältnissen auf mehrere Antriebsachsen zu verteilen, ohne Verspannungen in einem Antriebsstrang zu erzeugen. Des Weiteren wird mit dem Einsatz von Ausgleichsgetrieben erreicht, dass Antriebsräder einer antreibbaren Fahrzeugachse mit unterschiedlichen Drehzahlen unabhängig voneinander entsprechend den verschiedenen Weglängen der linken bzw. rechten Fahrspur angetrieben werden können, wodurch das Antriebsmoment symmetrisch und somit giermomentfrei auf beide Antriebsräder verteilbar ist.

Gängige Momentenaufteilungen zwischen Vorder- und Hinterachse liegen bei 50% : 50% bis 33% : 66%. Bei Kegelraddifferentialen liegt die Momentenverteilung fest bei 50% : 50%. Durch die Wahl eines festen Momentenverhältnisses zwischen Vorder- und Hinterachse ist die Zugkraftaufteilung nur für einen Punkt, den Auslegungspunkt, ideal.

Das Antriebsmoment wird somit nicht proportional zu der dem momentanen Fahrzustand entsprechenden Achslast aufgeteilt. Sollen bei hohem Schlupf die Traktionsreserven 5 vollständig ausgenutzt werden, was theoretisch nur bei variabler Momentenverteilung zwischen Vorder- und Hinterachse eines Kraftfahrzeuges möglich ist, kann das Längsdifferential gebremst oder gesperrt werden. Durch eine mit zunehmender Drehzahldifferenz kontinuierlich einsetzende Sperrwirkung, wie beispielsweise mittels einer Viskosperre, wird dabei das Fahrverhalten nicht negativ beeinflusst, und dauerhafte Verspannungen im Antriebsstrang, wie sie bei formschlüssigen Sperren auftreten, werden vermieden.

15 Des Weiteren sind sogenannte kupplungsgesteuerte Allradantriebe bekannt, bei welchen Kupplungen, wie beispielsweise Lamellenkupplungen, mit von außen einstellbarem Kupplungsmoment eingesetzt werden. Dabei kann das Kupplungsmoment entsprechend dem momentanen Fahrzustand des Fahrzeugs 20 gewählt werden. Auf diese Art und Weise ist es möglich, die Momentenaufteilung zwischen Vorder- und Hinterachse an die dynamischen Achslaständerungen, also abhängig von Beschleunigung, Steigung, Beladung usw., anzupassen.

25 Darüber hinaus sind auch Mischformen, d. h. sogenannte differential- und kupplungsgesteuerte Systeme, bekannt, bei welchen der Allradantrieb über eine elektronisch schaltbare Lamellenkupplung und/oder ein sperrbares Differential realisiert ist.

30 Nachteilig dabei ist jedoch, dass eine variable Momentenverteilung im Antriebsstrang durch einen Schlupfbetrieb der Kupplungen erreicht wird, was eine Wirkungsgradverschlechterung eines solchen Antriebsstranges zur Folge hat.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Antriebsstrang und ein Verfahren zum Steuern und Regeln eines Antriebsstranges zur Verfügung zu stellen, mit welchen eine einfache, bedarfsgerechte und wirkungsgradoptimierte Verteilung eines Antriebsmomentes im Antriebsstrang durchführbar ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Antriebsstrang gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 und einem Verfahren zum Steuern und Regeln eines Antriebsstranges gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 8 gelöst.

Mit dem erfindungsgemäßen Antriebsstrang eines Allrad-Fahrzeugs, der mit wenigstens zwei antreibbaren Fahrzeugachsen, mit einem Hauptgetriebe zwischen einer Antriebsmaschine und den Fahrzeugachsen angeordneten Hauptgetriebe zum Darstellen verschiedener Übersetzungen und mit drei steuer- und regelbaren reibschlüssigen Kupplungen ausgeführt ist, wobei eine erste Kupplung zwischen dem Hauptgetriebe und einer ersten Fahrzeugachse und eine zweite Kupplung und eine dritte Kupplung jeweils zwischen einem dem Hauptgetriebe nachgeschalteten Achsgetriebe und einem Antriebsrad der zweiten Fahrzeugachse angeordnet ist, und wobei die Übertragungsfähigkeiten der Kupplungen jeweils über eine Aktuatorik einstellbar sind, ist ein Antriebsmoment der Antriebsmaschine sowohl in Längsrichtung zwischen den antreibbaren Fahrzeugachsen als auch in Querrichtung an einer der Fahrzeugachsen in Abhängigkeit der variablen Übertragungsfähigkeiten der Kupplungen verteilbar.

Dadurch besteht vorteilhafterweise die Möglichkeit, das Antriebsmoment der Antriebsmaschine des Antriebsstran-

ges bzw. das Getriebeausgangsmoment des Hauptgetriebes jeweils in Abhängigkeit eines Betriebszustandes des Antriebsstranges derart zu verteilen, dass selbst in kritischen Fahrsituationen eines mit dem erfindungsgemäßen Antriebsstrang versehenen Fahrzeuges ein sicherheitsoptimiertes Fahrverhalten des Fahrzeuges vorliegt.

Zusätzlich besteht bei dem erfindungsgemäßen Antriebsstrang die Möglichkeit jeweils eine der Kupplungen zum variablen Verteilen des Antriebsmomentes in Längsrichtung zwischen den antreibbaren Fahrzeugachsen und in Querrichtung zwischen zwei Antriebsrädern einer Fahrzeugachse synchron zu betreiben ist, während die beiden anderen Kupplungen schlupfend betrieben werden.

15

Dadurch wird erreicht, dass die Verlustleistung des kupplungsgesteuerten Allradantriebes eines Fahrzeuges in zwei Kupplungen auftritt, während die dritte Kupplung verlustfrei in einem synchronen Zustand betrieben wird.

20

Die jeweilige Anordnung der zweiten Kupplung und der dritten Kupplung zwischen dem Achsgetriebe und jeweils einem der Antriebsräder der zweiten Fahrzeugachse ermöglicht die bedarfsgerechte Querverteilung des an der zweiten Fahrzeugachse anstehenden Antriebsmomentes im Antriebsstrang, womit das Fahrverhalten eines Fahrzeuges verschlechternden Betriebszuständen des Antriebsstranges auf einfache Art Weise entgegengewirkt und die Agilität sowie die Fahrstabilität, beispielsweise während einer Kurvenfahrt, verbessert werden kann.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Steuern und Regeln eines Antriebsstranges eines Allradfahrzeuges, bei

welchem zur Verteilung eines Antriebsmomentes zwischen den antreibbaren Fahrzeugachsen die Übertragungsfähigkeiten der drei Kupplungen derart eingestellt werden, dass eine der Kupplungen in einem synchronen Zustand betrieben wird, während die beiden anderen Kupplungen schlupfend betrieben werden, ist der Wirkungsgrad des Antriebsstranges auf einfache Art und Weise verbesserbar. Dazu wird die Übertragungsfähigkeit der Kupplungen, die schlupfend betrieben werden, zwischen einem unteren Grenzwert und einem oberen Grenzwert, der einem synchronen Zustand der beiden Kupplungen entspricht, variiert. Hierbei ist das Antriebsmoment in beliebigen Verhältnissen, d. h. mit Längsverteilungsgraden des Antriebsmomentes zwischen 0 % und 100 %, zwischen den antreibbaren Fahrzeugachsen bedarfsgerecht und wirkungsgradoptimiert verteilbar.

Zusätzlich ist ein der zweiten Fahrzeugachse zugeführter Teil des Antriebsmomentes in beliebigen Verhältnissen, d. h. mit Querverteilungsgraden des Antriebsmomentes zwischen 0 % und 100 %, zwischen den antreibbaren Antriebsrädern der zweiten Fahrzeugachse ebenfalls bedarfsgerecht und wirkungsgradoptimiert verteilbar.

Des Weiteren besteht durch das erfindungsgemäße Verfahren im Steuern und Regeln des Antriebsstranges die Möglichkeit, eine der drei Kupplungen in schlupffreiem Zustand zu betreiben, während die beiden anderen Kupplungen mit einer aus der benötigten Antriebsleistungsverteilung sich ergebenen geringen Differenzdrehzahl betrieben werden, wodurch sich vorteilhafterweise Verlustleistungen im Antriebsstrang reduzieren lassen, was zu einem guten Wirkungsgrad des Antriebsstranges führt.

Zusätzlich ist der Fahrbetrieb eines mit dem erfindungsgemäßen Antriebsstrang ausgeführten Fahrzeuges vorteilhafterweise auch dann gewährleistet, wenn zwei der drei Kupplungen einen Funktionsausfall aufweisen.

5

Weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen und den unter Bezugnahme auf die Zeichnung prinzipiell beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Es zeigt:

15 Fig.1 eine stark schematisierte Darstellung eines erfindungsgemäßen Antriebsstranges eines Allradfahrzeuges;

20 Fig.2 eine grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen Übertragungsfähigkeiten einer ersten Kupplung, einer zweiten und einer dritten Kupplung des Antriebsstranges gemäß Fig. 1 und einem Längsverteilungsgrad des Antriebsmomentes zwischen zwei antreibbaren Fahrzeugachsen des Antriebsstranges;

25 Fig.3 eine weitere grafische Darstellung eines Zusammenhangs zwischen den Übertragungsfähigkeiten der zweiten Kupplung und der dritten Kupplung des Antriebsstranges gemäß Fig. 1 und einem Querverteilungsgrad des Antriebsmomentes zwischen den Antriebsrädern der zweiten Fahrzeugachse;

30

Fig.4 eine Prinzipskizze eines Teils einer Aktuatorik zum Einstellen der Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung und der dritten Kupplung aus Fig. 1; und

5

Fig.5 eine Prinzipskizze eines Teils einer Aktuatorik zum Einstellen der Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung aus Fig. 1.

Bezug nehmend auf Fig. 1 ist ein Antriebsstrang 1 eines Allradfahrzeuges in einer stark schematisierten Darstellung gezeigt. Der Antriebsstrang 1 umfasst ein Antriebsaggregat 2 und ein Hauptgetriebe 3, welches jedes an sich aus der Praxis bekannte Getriebe sein kann. Das Antriebsaggregat 2 ist bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel als Brennkraftmaschine ausgeführt und kann bei einer vorteilhaften Weiterbildung auch als Elektromotor ausgebildet sein.

15

Zwischen dem Hauptgetriebe 3, welches zur Darstellung unterschiedlicher Übersetzungen vorgesehen ist, und einer ersten antreibbaren Fahrzeugachse 4, die in bekannter Weise auf jeder Fahrzeugseite mit wenigstens einem Antriebsrad 4A, 4B verbunden ist, ist eine erste Kupplung  $k_{VA}$  in einem Längsantriebsstrang 1\_HA angeordnet. Die erste Kupplung  $k_{VA}$  ist zwischen dem Hauptgetriebe 3 und einer Einrichtung 6 zum Ausgleichen von Differenzdrehzahlen zwischen den Antriebsrädern 4A und 4B der ersten Fahrzeugachse 4 angeordnet, wobei die Einrichtung 6 vorliegend als ein an sich bekanntes Querverteilergetriebe ausgeführt ist.

25

30

Darüber hinaus ist zwischen einem Achsgetriebe 7, über welches ein in Richtung einer zweiten antreibbaren Fahr-

zeugachse 5 geführter Teil des Antriebsmomentes der Brennkraftmaschine 2 in Richtung zweier Antriebsräder 5A, 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 führbar ist, und jeweils einem der Antriebsräder 5A, 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 eine zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  bzw. eine dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  in Querverteilersträngen  $q_{HA\_L}$  und  $q_{HA\_R}$  angeordnet.

Über das Querverteilergetriebe 6 besteht die Möglichkeit, die Antriebsräder 4A und 4B der ersten Fahrzeugachse 4 unabhängig voneinander entsprechend den verschiedenen Weglängen der linken bzw. rechten Fahrspur mit unterschiedlichen Drehzahlen anzutreiben, wodurch das Antriebsmoment symmetrisch und somit giermomentenfrei zwischen den Antriebsräder 4A und 4B der ersten Fahrzeugachse 4 verteilt 15 bar ist.

Im Gegensatz dazu wird die Querverteilung des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes über die variabel einstellbaren Übertragungsfähigkeiten der beiden Kupplungen  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  durchgeführt, wobei vorzugsweise jeweils eine der beiden Kupplungen  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  in synchronem Zustand betrieben wird und die jeweils andere Kupplung  $k_{HA\_R}$  bzw.  $k_{HA\_L}$  schlupfend betrieben wird. Dabei ist in Abhängigkeit der Übertragungsfähigkeit der schlupfend betriebenen Kupplung  $k_{HA\_L}$  bzw.  $k_{HA\_R}$  der zweiten Fahrzeugachse 5 ein Querverteilungsgrad des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes zwischen 0 % bis 100 % bezogen auf eines der beiden Antriebsräder 5A oder 5B realisierbar.

30

Dabei steht der Querverteilungsgrad mit der Ansteuerung der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  derart in Zusammenhang, dass der gesamte Anteil des

Antriebsmomentes, welcher der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführt wird, jenem Antriebsrad 5A oder 5B zu 100% zugeführt wird, welches der synchron betriebenen Kupplung  $k_{HA\_R}$  bzw.  $k_{HA\_L}$  nachgeschaltet ist, wenn die jeweils andere Kupplung 5  $k_{HA\_L}$  bzw.  $k_{HA\_R}$  der Querverteilerstränge  $q_{HA\_L}$  und  $q_{HA\_R}$  mit einer derartig reduzierten Übertragungsfähigkeit betrieben wird, dass über diese Kupplung kein Drehmoment übertragen wird.

Die drei Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  des Antriebsstranges 1 sind vorliegend als steuer- und regelbare reibschlüssige Lamellenkupplungen ausgeführt, deren Übertragungsfähigkeiten über eine in Fig. 4 und Fig. 5 dargestellte Aktuatorik 8 einstellbar sind und die abtriebsseitig eines Getriebeausgangs eines in Fig. 1 lediglich schematisch dargestellten Verteilergetriebes 9 angeordnet sind. Mit den drei Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  besteht die Möglichkeit, ein Antriebsmoment der Antriebsmaschine 2 bzw. ein Getriebeausgangsmoment des Hauptgetriebes 3 variabel und bedarfsgerecht zwischen den beiden antreibbaren Fahrzeugachsen 4, 5 zu verteilen.

Die Ansteuerung der drei Kupplungen  $k_{VA}$  und  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  sowie die daraus resultierende variable Verteilung des anliegenden Antriebsmomentes in Längsrichtung auf die beiden Fahrzeugachsen 4 und 5 wird anhand der Darstellung in Fig. 2 näher erläutert. Die vorbeschriebene Querverteilung des in Richtung der zweiten Fahrzeugachse 5 geführten Teils des Antriebsmomentes auf die beiden Antriebsräder 5A und 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 wird später anhand der Darstellung in Fig. 3 näher beschrieben.

Fig. 2 zeigt drei stark schematisierte Verläufe, wovon ein erster Verlauf  $gk_{VA}$  einen Verlauf einer Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  zwischen einem unteren Grenzwert  $W(u)$  und einem oberen Grenzwert  $W(o)$  darstellt. Ein weiterer Verlauf  $gk_{HA}$  stellt den Verlauf der Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  dar, der mit dem Verlauf  $gk_{VA}$  der Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  korrespondiert. Ein dritter Verlauf  $lvt$  stellt den Verlauf eines Längsverteilungsgrades des Antriebsmomentes zwischen den beiden Fahrzeugachsen 4 und 5 graphisch dar, wobei die erste Fahrzeugachse 4 vorliegend die Vorderachse (VA) und die zweite Fahrzeugachse 5 die Hinterachse (HA) eines Allradfahrzeuges darstellt.

15

Im Punkt I des Diagramms gemäß Fig. 2, in welchem die Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  dem unteren Grenzwert  $W(u)$  entspricht, wird über die erste Kupplung  $k_{VA}$  im Wesentlichen kein Drehmoment übertragen. Gleichzeitig entspricht die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  dem oberen Grenzwert  $W(o)$ , bei dem sich die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  in einem synchronen Zustand befindet und bei dem zwischen den beiden Kupplungshälften der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  bzw. der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  kein Schlupf auftritt. In diesem Betriebszustand der Kupplungen  $k_{VA}$  und  $k_{HA\_L}$  bzw.  $k_{HA\_R}$  wird das gesamte Antriebsmoment der Antriebsmaschine 2 auf die Hinterachse bzw. die zweite Fahrzeugachse 5 geführt und der Längsverteilungsgrad, der vorliegend auf die erste Fahrzeugachse 4 bezogen ist, ist Null.

Grundprinzip der Ansteuerung der drei Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  des Antriebsstranges ist, dass über den gesamten Betriebsbereich des Antriebsstranges 1 jeweils eine der drei Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  oder  $k_{HA\_R}$  in synchronem Zustand betrieben wird, während die beiden anderen Kupplungen  $k_{HA\_R}$  und  $k_{HA\_L}$  oder  $k_{HA\_R}$  und  $k_{VA}$  oder  $k_{HA\_L}$  und  $k_{VA}$  schlupfend betrieben werden, um den Längsverteilungsgrad lvt des Antriebsmomentes zwischen den beiden Fahrzeugachsen 4 und 5 bedarfsgerecht zwischen 0 % und 100 % bezogen auf eine der beiden Fahrzeugachsen 4 oder 5 einstellen zu können.

Die gemeinsame graphische Darstellung der Übertragungsfähigkeiten der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  in Fig. 2 wurde deshalb ausgewählt, da bei geöffneter erster Kupplung  $k_{VA}$  und einem synchronen Zustand jeweils einer der beiden Kupplungen  $k_{HA\_L}$  oder  $k_{HA\_R}$  das Antriebsmoment der Brennkraftmaschine 2 vollständig auf die zweite Fahrzeugachse 5 geführt wird. Das Antriebsmoment wird bei geöffneter erster Kupplung  $k_{VA}$  und synchron betriebener zweiter Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder dritter Kupplung  $k_{HA\_R}$  unabhängig von der eingestellten Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  oder der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  vollständig in Richtung der zweiten Fahrzeugachse 5 geführt. Ein Variieren der Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$ , während die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  oder die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  synchron betrieben wird, führt lediglich zu einer Veränderung des in Fig. 3 dargestellten Querverteilungsgrades qvt, weshalb auf diese Funktionalität erst in der Beschreibung zu Fig. 3 eingegangen wird.

Weiter Bezug nehmend auf Fig. 2 wird die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  derart gesteuert und geregelt im Bereich zwischen dem Punkt I und einem zweiten Punkt II des Diagramms gemäß Fig. 2 eingestellt, dass die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  in ihrem synchronen Zustand verbleibt. Die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  ist in diesem Zusammenhang nicht wesentlich für den Verlauf des Längsverteilungsgrades lvt des Antriebsmomentes und kann zur Einstellung eines gewünschten Querverteilungsgrades qvt des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes an der zweiten Fahrzeugachse 5 zwischen dem unteren Grenzwert  $W(u)$  und dem oberen Grenzwert  $W(o)$  variieren, ohne dass sich ein anderer Wert des Längsverteilungsgrades lvt einstellt. Der Längsverteilungsgrad lvt wird vorliegend zunächst nur durch die Änderung der Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  verändert, die in Fig. 2 durch den Verlauf  $gk_{VA}$  der Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  graphisch dargestellt ist.

Die Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  wird zwischen den Punkten I und II von ihrem unteren Grenzwert  $W(u)$ , bei dem die erste Kupplung  $k_{VA}$  kein Drehmoment überträgt, in Richtung des oberen Grenzwertes  $W(o)$  der Übertragungsfähigkeit verändert, bei welchem sich die erste Kupplung  $k_{VA}$  ebenfalls in ihrem synchronen Zustand befindet. Das bedeutet, dass die Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  im Bereich zwischen dem Punkt I und dem Punkt II stetig angehoben wird. Dies hat zur Folge, dass sich der Längsverteilungsgrad lvt des Antriebsmomentes zwischen den beiden Fahrzeugachsen 4 und 5 ändert, da mit steigender Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$

ein zunehmender Teil des Antriebsmomentes in Richtung der vorderen Fahrzeugachse 4 geführt wird.

Bei Vorliegen des Betriebszustandes des Antriebsstranges 1, der dem Punkt II des Diagramms gemäß Fig. 2 entspricht und bei dem sich die erste Kupplung  $k_{VA}$  und die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  jeweils in synchronem Zustand befinden, liegt ein definierter Verteilungsgrad des Antriebsmomentes zwischen den beiden Fahrzeugachsen 4 und 5 vor.

In einem Bereich zwischen dem zweiten Punkt II und einem dritten Punkt III des Diagramms gemäß Fig. 2 wird die Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  derart geregelt und gesteuert eingestellt, dass die erste Kupplung  $k_{VA}$  in ihrem Synchronzustand gehalten wird. Gleichzeitig wird die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  ausgehend von dem oberen Grenzwert  $W(o)$  der Übertragungsfähigkeit, bei welchem die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  synchron ist, stetig in Richtung des unteren Grenzwertes  $W(u)$  der Übertragungsfähigkeit reduziert, bei dem die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  im Wesentlichen kein Drehmoment mehr in Richtung der hinteren Fahrzeugachse 5 überträgt.

Wie der Fig. 2 zu entnehmen ist, steigt der Verlauf lvt des Längsverteilungsgrades lvt des Antriebsmomentes zwischen den Fahrzeugachsen 4 und 5 mit zunehmender Reduzierung der Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  bis hin zu seinem maximalen Wert in Punkt III an, bei dem das Antriebmoment vollständig, d. h. zu 100 %, auf die Vorderachse 4 übertragen wird, wobei die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  in Punkt III ebenfalls auf den unteren Grenzwert  $W(u)$  eingestellt ist.

Das bedeutet wiederum, dass der Wertebereich des Längsverteilungsgrades lvt, welcher zwischen den Punkten II und III des Diagrammes gemäß Fig. 2 liegt, dadurch einstellbar ist, dass die erste Kupplung  $k_{VA}$  in ihrem synchronen Zustand betrieben wird und die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  gleichzeitig schlupfend betrieben werden. Das Antriebsmoment wird dann zu 100 % auf die erste Fahrzeugachse 4 geführt, wenn die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  kein Drehmoment mehr übertragen.

Mittels der vorbeschriebenen Betriebsweise der drei steuer- und regelbaren Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  besteht die Möglichkeit, das Antriebsmoment der Brennkraftmaschine 2 bzw. das Getriebeausgangsmoment des Hauptgetriebes 3 bedarfsgerecht, stufenlos und wirkungsgradoptimiert zwischen den Fahrzeugachsen 4 und 5 zu verteilen. Des Weiteren ist mit den beiden steuer- und regelbaren Kupplungen  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  an der zweiten Fahrzeugachse 5 eine bedarfsgerechte, stufenlose und wirkungsgradoptimierte Querverteilung des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes zwischen den beiden Antriebsrädern 5A und 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 durchführbar.

Eine Verbesserung des Wirkungsgrades des Antriebsstranges 1 wird durch die vorbeschriebene erfindungsgemäße Vorgehensweise bei der Steuerung und Regelung der drei Kupplungen erreicht, da stets eine der drei Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  oder  $k_{HA\_R}$  schlupffrei betrieben wird, während die beiden anderen Kupplungen mit einer mit der betriebssituationsabhängigen Antriebsleistungsverteilung im Antriebsstrang korrespondierenden Drehzahl betrieben werden. Mittels dieser Betriebsstrategie lassen sich die Rei-

bungsverluste mit allen Vorteilen eines kupplungsgesteuerten Allradantriebes minimieren.

Des Weiteren besteht durch den Einsatz der drei steuer- und regelbaren Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  im Verteilergetriebe 9 vorteilhafterweise die Möglichkeit, das Hauptgetriebe 3 ohne ein separates Anfahrelement, wie beispielsweise einen hydrodynamischen Drehmomentwandler oder eine reibschlüssige Anfahrkupplung, auszuführen oder ein Anfahrelement als zusätzliches Bauelement in den Antriebsstrang integrieren zu müssen, da entweder die erste Kupplung  $k_{VA}$ , die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und/oder die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  oder alle drei Kupplungen die Funktion eines Anfahrelementes übernehmen können.

15

Ist das Hauptgetriebe 3 beispielsweise als ein stufenloses Getriebe mit einem Kettenvariator ausgeführt, besteht vorteilhafterweise die Möglichkeit, den Variator bei stehendem Fahrzeug in seine Anfahrübersetzung zu verstellen, da der stehende Abtrieb des Fahrzeuges bei geöffneten Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  von dem Hauptgetriebe 3 getrennt ist.

20  
25  
30

Darüber hinaus ist aufgrund der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Antriebsstranges 1 mit den drei Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  eine optimale Beeinflussung der Fahrdynamik, der Traktion sowie der Stabilität eines mit dem erfindungsgemäßen Antriebsstranges ausgeführten Fahrzeuges gewährleistet und der Antriebsstrang ist zudem im Vergleich zu aus der Praxis bekannten Lösungen mit einem geringeren Gewicht ausführbar.

Fig. 3 zeigt drei schematisierte Verläufe, wovon ein erster Verlauf  $gk_{HA\_L}$  einen Verlauf einer Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  zwischen einem unteren Grenzwert  $W(u)$  und einem oberen Grenzwert  $W(o)$  darstellt.

5 Ein weiterer Verlauf  $gk_{HA\_R}$  stellt den Verlauf der Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  dar, der mit dem Verlauf  $gk_{HA\_L}$  der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  korrespondiert. Ein dritter Verlauf  $qvt$  stellt den Verlauf eines Querverteilungsgrades des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes zwischen den beiden Antriebsrädern 5A und 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 grafisch dar.

15 Im Punkt IV des Diagramms gemäß Fig. 3, in welchem die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  dem unteren Grenzwert  $W(u)$  entspricht, wird über die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  im wesentlichen kein Drehmoment übertragen. Gleichzeitig ist die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  auf den oberen Grenzwert  $W(o)$  eingestellt, 20 bei dem sich die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  in einem synchronen Zustand befindet und zwischen den beiden Kupplungshälften der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  kein Schlupf auftritt.

25 In diesem Betriebszustand der Kupplungen  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  wird der der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführte Teil des Antriebsmomentes der Antriebsmaschine 2 zu dem Antriebsrad 5A geführt, wohingegen über die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  auf das zweite Antriebsrad 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 kein Drehmoment geführt wird.

30

Im Bereich zwischen dem Punkt IV und einem Punkt V des Diagramms gemäß Fig. 3 wird die Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{HA\_L}$  derart geregelt und gesteuert einge-

stellte, dass die erste Kupplung  $k_{HA\_L}$  in ihrem synchronen Zustand gehalten wird. Gleichzeitig wird die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  von ihrem unteren Grenzwert  $W(u)$ , bei dem sie kein Drehmoment überträgt, in Richtung des oberen Grenzwertes  $W(o)$  der Übertragungsfähigkeit verändert, bei welchem sich die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  ebenfalls in ihrem synchronen Zustand befindet.

Das bedeutet, dass die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  im Bereich zwischen dem Punkt IV und dem Punkt V stetig angehoben wird. Dies hat zur Folge, dass sich der Verteilungsgrad des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes zwischen den beiden Antriebsrädern 5A und 5B ändert, da mit steigender Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  ein zunehmender Anteil des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes auf das zweite Antriebsrad 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 geführt wird.

Bei Vorliegen des Betriebszustandes des Antriebsstranges 1 im Bereich der zweiten Fahrzeugachse 5, der dem Punkt V des Diagramms gemäß Fig. 3 entspricht und bei dem sich die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  in synchronem Zustand befinden, wird das der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführte Antriebsmoment zu gleichen Teilen zwischen den beiden Antriebsrädern 5A und 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 verteilt. Dieser Querverteilungsgrad qvt des Antriebsmomentes stellt sich im Betrieb des Fahrzeugs bei Geradeausfahrt und ohne nennenswerten Schlupf im Bereich der Antriebsräder 5A und 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 ein, wodurch vorteilhafterweise eine Reduzierung der Verlustleistung im Antriebsstrang im Bereich der zweiten Kupplung erreicht wird.

lung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  auf einfache Art und Weise erreicht wird.

5 In einem Bereich zwischen dem Punkt V und einem Punkt VI des Diagramms gemäß Fig. 3 wird die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  derart geregelt und gesteuert eingestellt, dass die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  in ihrem Synchronzustand gehalten wird. Gleichzeitig wird die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  ausgehend von dem oberen Grenzwert  $W(o)$  der Übertragungsfähigkeit, bei welchem die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  synchron ist, stetig in Richtung des unteren Grenzwertes  $W(u)$  der Übertragungsfähigkeit reduziert, bei dem die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  im Wesentlichen kein Drehmoment mehr in Richtung des ersten 15 Antriebsrades 5A der zweiten Fahrzeugachse 5 überträgt.

20 Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, steigt der Verlauf qvt des Querverteilungsgrades des der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführten Teils des Antriebsmomentes mit zunehmender Reduzierung der Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  bis hin zu seinem maximalen Wert in Punkt VI an, bei dem der der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführte Teil des Antrieb moments vollständig auf das zweite Antriebsrad 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 übertragen wird.

25 Eine Verbesserung des Wirkungsgrades des Antriebsstranges im Bereich der zweiten Fahrzeugachse wird durch die vorbeschriebene erfindungsgemäße Vorgehensweise bei der Steuerung und Regelung der zweiten und dritten Kupplung 30  $k_{HA\_L}$  oder  $k_{HA\_R}$  erreicht, da stets eine der beiden Kupplungen  $k_{HA\_L}$  bzw.  $k_{HA\_R}$  schlupffrei betrieben wird, während die andere Kupplung  $k_{HA\_R}$  bzw.  $k_{HA\_L}$  mit einer mit der betriebssituationsabhängigen Antriebsleistungsverteilung

lung im Antriebsstrang im Bereich der zweiten Fahrzeugachse 5 korrespondierenden Differenzdrehzahl betrieben wird. Mittels dieser Betriebsstrategie lassen sich die Reibungsverluste mit allen Vorteilen eines kupplungsgesteuerten Allradantriebes im Bereich einer Fahrzeugachse minimieren.

Die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  werden nur dann beide gleichzeitig schlupfend betrieben, wenn die erste Kupplung  $k_{VA}$  zur Einstellung eines gewünschten Längsverteilungsgrades lvt in ihrem synchronen Zustand in der zu Fig. 2 beschriebenen Art und Weise betrieben wird.

Bezug nehmend auf Fig. 4 und Fig. 5 ist jeweils ein Teil der in Fig. 1 lediglich schematisiert dargestellten Aktuatorik 8 zum Steuern und Regeln der drei Kupplungen  $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  dargestellt, wobei der in Fig. 4 dargestellte Teil der Aktuatorik 8 zum Betätigen der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  mittels zwei Aktuatoren 11 und 12 ausgeführt ist. Die Aktuatoren 11 und 12 treiben jeweils zwei Kugelgewindetriebe 13 und 14 zur Betätigung der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  an.

Die Ansteuerung der Aktuatoren 11 und 12 ist derart miteinander gekoppelt, dass jeweils eine Betätigung der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  bzw. der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  mit der Betätigung der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  bzw. der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  sowie einer Betätigung der ersten Kupplung  $k_{VA}$  korrespondiert. Die Betätigung der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  ist zur Veränderung des Querverteilergrades gvt derart, dass die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder der

5 dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  variiert wird, während die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  bzw. der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  konstant auf einem Wert gehalten wird, der vorzugsweise einen synchronen Zustand der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  bewirkt.

Gleichzeitig besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, die Übertragungsfähigkeiten der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  zum Variieren des Längsverteilungsgrades lvt derart einzustellen, dass die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  bei synchroner erster Kupplung  $k_{VA}$  gleichzeitig schlupfend betrieben werden können.

15 Die Aktuatorik 8 für die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  ist mit den jeweils als Elektromotor ausgeführten Aktuatoren 11 und 12 ausgebildet, dessen rotatorische Antriebsbewegungen mittels den Kugelgewindetrieben 13 und 14 bzw. den Wandlereinrichtungen in eine  
20 lineare Betätigungsbewegung für die zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und die dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  umwandelbar sind. Die Kugelgewindetriebe 13 und 14 sind jeweils mit einer Mutter 13A und 14A, mit Kugelgewinden 13B, 14B sowie mit Spindeln 13C und 14C ausgeführt. Dabei sind die Muttern 13A und 14A von  
25 den Elektromotoren 11, 12 rotatorisch antreibbar und in axialer Richtung festgelegt. Des weiteren stehen die Muttern 13A und 14A über die Kugelgewinde 13B und 14B mit den Spindeln 13C und 14C in Wirkverbindung. Die Spindeln 13C und 14C der Kugelgewindetriebe 13 und 14 sind derart mit  
30 gehäusefesten Bauteilen 15 drehfest verbunden und in axialer Richtung der Muttern 13A und 14A verschieblich ausgeführt, dass eine Rotation der Muttern 13A und 14A jeweils eine in axialer Richtung der Kugelgewindetriebe 13 und 14

gerichtete translatorische Bewegung der Spindeln 13C und 14C zur Folge hat.

Die vorliegend jeweils als Lamellenkupplungen ausgeführte zweite Kupplung  $k_{HA\_L}$  und dritte Kupplung  $k_{HA\_R}$  bzw. deren Lamellenpakete 16 und 17 sind in Abhängigkeit einer axialen Position der Spindeln 13C und 14C der Kugelgewindetriebe 13 und 14 geöffnet oder in Reibeingriff. Dabei sind Innenlamellen 16A und 17A der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  bzw. der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  mit einer Antriebswelle 18, über welche der zweiten Fahrzeugachse 5 zugeführte Teil des Getriebeausgangsmoments des Hauptgetriebes 3 an der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  ansteht, drehfest verbunden. Außenlamellen 16B bzw. 17B sind wiederum mit dem ersten Antriebsrad 5A oder dem zweiten Antriebsrad 5B der zweiten Fahrzeugachse 5 verbunden.

Unter Berücksichtigung der zu Fig. 3 beschriebenen Steuerung und Regelung der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  ist die in axialer Richtung erfolgende Verstellung der Spindeln 13C und 14C der Kugelgewindetriebe 13 und 14 in Abhängigkeit der von den Elektromotoren 12 ausgehenden Rotationsrichtungen der Muttern 13A und 14A abhängig. Das bedeutet, dass die Elektromotoren 11 und 12 in Abhängigkeit der jeweils einzustellenden Übertragungsfähigkeiten der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  angesteuert werden. Dabei werden die Spindeln 13C und 14C jeweils in Richtung der Lamellenpakete 16 und 17 translatorisch bewegt, um die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  zu erhöhen. Die Spindel 13C des ersten Kugelgewindetriebs 13 oder die Spindel 14C des zweiten Kugelgewindetriebs 14.

triebs 14 wird jeweils in Richtung des zweiten Kugelgewindetriebes 14 oder des ersten Kugelgewindetriebes 13 bewegt, um die Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder die Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  durch Verringerung der Anpresskräfte zwischen den Außenlamellen 16B und 17B und den Innenlamellen 16A und 17A zu reduzieren.

Die beiden Muttern 13A und 14A sind in axialer Richtung des in Fig. 4 dargestellten Teils der Aktuatorik 8 über Zylinderrollenlager 19 und 20 in axialer Richtung gegen ein mit der Antriebswelle 18 in Wirkverbindung stehendes Kegelzahnrad 21 abgestützt. Des Weiteren sind zwischen den Lamellenpaketen 16 und 17 der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  und der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  jeweils weitere Kegelrollenlager 22 und 23 angeordnet, über welche jeweils eine axiale Betätigungsbewegung der Spindel 13C oder 14C auf das Lamellenpaket 16 oder 17 der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  oder der dritten Kupplung  $k_{HA\_R}$  aufbringbar ist. Zusätzlich sind über die Kegelrollenlager 22, 23 Differenzdrehzahlen zwischen den Lamellenpaketen 16 und 17 und den Spindeln 13C und 14C nahezu verlustfrei auf einfache Art und Weise ausgleichbar.

In Fig. 5 ist ein weiterer Teil der Aktuatorik 8 dargestellt, welcher zur Ansteuerung der ersten Kupplung  $k_{VA}$  vorgesehen ist. Dieser Teil der Aktuatorik 8 entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 4 dargestellten Teil der Aktuatorik 8, der für die Steuerung und Regelung der zweiten Kupplung  $k_{HA\_L}$  verwendet wird.

Der in Fig. 5 dargestellte Teil der Aktuatorik 8 ist mit einem Kugelgewindetrieb 23 ausgeführt, der in derselben

Art und Weise wie die Kugelgewindetriebe 13 und 14 aus Fig. 4 mit einer Mutter 23A, einem Kugelgewinde 23B und einer Spindel 23C ausgebildet ist. Die Mutter 23A ist rotatorisch von einem als Elektromotor ausgebildeten Aktuator 24 5 antreibbar und in axialer Richtung der Antriebswelle 18 festgelegt. Eine Rotation der Mutter 23A bewirkt eine translatorische Bewegung der drehfest gelagerten Spindel 23C, wobei die translatorische Verschiebung der Spindel 23C in Richtung eines Lamellenpaketes 25 der ersten Kupplung  $k_{VA}$  oder von diesem weg durch eine Links- oder Rechtsdrehung des Elektromotors 24 bewirkt wird.

Bei entsprechend eingestellter Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung  $k_{VA}$  wird ein über die Antriebswelle 18 15 anstehender Teil des Antriebsmomentes über Innenlamellen 25A auf Außenlamellen 25B des Lamellenpaketes 25 und von dort auf die erste Fahrzeugachse 4 übertragen. In Fig. 5 dargestellte Zylinderrollenlager 26 und 27 entsprechen in ihrer baulichen Ausführung sowie in ihrer Funktionalität 20 den in Fig. 4 dargestellten Zylinderrollenlagern 19 und 22.

Anstatt der vorbeschriebenen elektromechanischen Ansteuerung der drei Kupplungen des erfindungsgemäßen Antriebsstranges kann es auch vorgesehen sein, dass die drei 25 Kupplungen über eine hydraulische Aktuatorik angesteuert werden, wobei die hydraulische Aktuatorik als ein separates System ausgeführt oder in ein hydraulisches Steuerungssystem des Hauptgetriebes integriert sein kann.

30 Darüber hinaus besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, die erste Kupplung über ein elektromechanisches System und die zweite Kupplung und dritte Kupplung über ein hydraulisches Steuersystem anzusteuern. Des Weite-

ren kann die Steuerung und Regelung der drei Kupplungen über ein kombiniertes Steuerungssystem erfolgen, welches sowohl elektromechanische als auch hydraulische Komponenten umfasst.

5

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Gegenstandes ist es vorgesehen, die Ansteuerung der drei Kupplungen mit piezoelektrischen oder elektromagnetischen Aktuatoren durchzuführen.

Bezugszeichenliste

- 1 Antriebsstrang
- 2 Antriebsmaschine, Brennkraftmaschine
- 5 3 Hauptgetriebe
- 4 erste Fahrzeugachse
- 4A, B Antriebsräder der ersten Fahrzeugachse
- 5 zweite Fahrzeugachse
- 5A, B Antriebsräder der zweiten Fahrzeugachse
- 6 Querverteilergetriebe
- 7 Achsgetriebe
- 8 Aktuatorik
- 9 Verteilergetriebe
- 11 Aktuator, Elektromotor
- 15 12 Aktuator, Elektromotor
- 13 erster Kugelgewindetrieb
- 13A Mutter des ersten Kugelgewindetriebs
- 13B Kugelgewinde des ersten Kugelgewindetriebs
- 13C Spindel des ersten Kugelgewindetriebs
- 20 14 zweiter Kugelgewindetrieb
- 14A Mutter des zweiten Kugelgewindetriebs
- 14B Kugelgewinde des zweiten Kugelgewindetriebs
- 14C Spinel des zweiten Kugelgewindetriebs
- 15 gehäusefeste Bauteile
- 25 16 Lamellenpaket der zweiten Kupplung
- 16A Innenlamellen der zweiten Kupplung
- 16B Außenlamellen der zweiten Kupplung
- 17 Lamellenpaket der dritten Kupplung
- 17A Innenlamellen der dritten Kupplung
- 30 17B Außenlamellen der dritten Kupplung
- 18 Antriebswelle
- 19, 20 Zylinderrollenlager
- 22, 23 weitere Zylinderrollenlager

	k_VA	erste Kupplung
	k_HA_L	zweite Kupplung
	k_HA_R	dritte Kupplung
	l_VA	Längsverteilerantriebsstrang zur Vorderachse
5	lvt	Längsverteilungsgrad
	qvt	Querverteilungsgrad
	gk_VA	Verlauf der Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung
	gk_HA_L	Verlauf der Übertragungsfähigkeit der zweiten Kupplung
	gk_HA_R	Verlauf der Übertragungsfähigkeit der dritten Kupplung
	q_HA_L	Querverteilerstrang
	q_HA_R	Querverteilerstrang
15	W(u)	unterer Grenzwert der Übertragungsfähigkeit der Kupplungen
	W(o)	oberer Grenzwert der Übertragungsfähigkeit der Kupplungen

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Antriebsstrang (1) eines Allradfahrzeuges mit we-  
5 nigstens zwei antreibbaren Fahrzeugachsen (4, 5), mit einem  
zwischen einer Antriebsmaschine (2) und den Fahrzeugachsen  
(4, 5) angeordneten Hauptgetriebe (3) zum Darstellen ver-  
schiedener Übersetzungen, und mit drei steuer- und regelba-  
ren reibschlüssigen Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ), wo-  
bei eine erste Kupplung ( $k_{VA}$ ) zwischen dem Hauptgetriebe  
(3) und einer ersten Fahrzeugachse (4) und eine zweite  
Kupplung ( $k_{HA\_L}$ ) und eine dritte Kupplung ( $k_{HA\_R}$ ) jeweils  
zwischen einem Achsgetriebe (7) und einem Antriebsrad (5A,  
5B) der zweiten Fahrzeugachse (5) angeordnet ist, und wobei  
15 die Übertragungsfähigkeiten der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  
 $k_{HA\_R}$ ) jeweils über eine Aktuatorik (8) einstellbar sind  
und ein Antriebsmoment zwischen den antreibbaren Fahrzeug-  
achsen (4, 5) in Abhängigkeit der eingestellten Übertra-  
gungsfähigkeiten der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) ver-  
teilbar ist.  
20

2. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass ein der zweiten Fahrzeug-  
achse (5) zugeführter Anteil des Antriebsmomentes in Abhän-  
25 gigkeit der eingestellten Übertragungsfähigkeiten der zwei-  
ten Kupplung ( $k_{HA\_L}$ ) und der dritten Kupplung ( $k_{HA\_R}$ )  
zwischen den Antriebsrädern (5A, 5B) der zweiten Fahrzeug-  
achse (5) verteilbar ist.

30 3. Antriebsstrang nach Anspruch 2, dadurch g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass jeweils eine Betätigung  
der zweiten Kupplung ( $k_{HA\_L}$ ) an die Betätigung der dritten  
Kupplung ( $k_{HA\_R}$ ) derart angepasst ist, dass die Übertra-

gungsfähigkeit der Kupplungen ( $k_{HA\_L}$  bzw.  $k_{HA\_R}$ ) in Abhängigkeit eines eine Fahrstabilität verbessernden Querverteilungsgrades (qvt) eines der zweiten Fahrzeugachse (5) zugeführten Teils des Antriebsmomentes der Antriebsmaschine (2) variierbar ist.

4. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktuatorik (8) als ein hydraulisches und/oder als ein elektromechanisches Steuersystem ausgebildet ist.

5. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktuatorik als ein piezoelektrisches oder elektromagnetisches Steuersystem ausgeführt ist.

6. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktuatorik (8) zum Steuern und Regeln der Übertragungsfähigkeiten der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) mit mehreren Aktuatoren (11, 12, 24) ausgebildet ist.

7. Antriebsstrang nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktuatoren (11, 12, 24) jeweils als ein Elektromotor ausgeführt sind, dessen rotatorische Antriebsbewegung jeweils mittels einem Kugelgewindetrieb (13, 14, 23) in eine translatorische Betätigung für die Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) umwandelbar ist.

8. Verfahren zum Steuern und Regeln eines Antriebsstranges (1) gemäß einem der vorstehend genannten Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

zur Längsverteilung eines Antriebsmomentes zwischen den beiden antreibbaren Fahrzeugachsen (4, 5) die Übertragungsfähigkeiten der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) derart eingestellt werden, dass eine Kupplung ( $k_{VA}$  bzw.  $k_{HA\_L}$  bzw.  $k_{HA\_R}$ ) einen synchronen Zustand aufweist und die Übertragungsfähigkeiten der anderen Kupplungen ( $k_{HA\_L}$  und  $k_{HA\_R}$  oder  $k_{VA}$  und  $k_{HA\_R}$  oder  $k_{VA}$  und  $k_{HA\_L}$ ) zwischen einem unteren Grenzwert ( $W(u)$ ) und einem oberen Grenzwert ( $W(o)$ ), der einem synchronen Zustand der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA}$ ) entspricht, variiert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorliegen des unteren Grenzwerts ( $W(u)$ ) der Übertragungsfähigkeit der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) im wesentlichen kein Drehmoment von den Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) übertragen wird und in synchronem Zustand der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) ein an einer Kupplung ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) anliegendes Antriebsmoment vollständig und wenigstens annähernd verlustfrei übertragen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Längsverteilungsgrad (lvt) des Antriebsmomentes zwischen den beiden Fahrzeugachsen (4, 5) durch Verändern der Übertragungsfähigkeit der ersten Kupplung ( $k_{VA}$ ) und/oder durch Verändern der Übertragungsfähigkeiten der zweiten Kupplung ( $k_{HA\_L}$ ) und der dritten Kupplung ( $k_{HA\_R}$ ) varierbar ist.

30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Querverteilungsgrad (qvt) eines auf die zweite Fahrzeugachse (5) geführten Teils des Antriebsmomentes zwischen den Antriebsrädern (5A, 5B) der

zweiten Fahrzeugachse (5) in Abhangigkeit der Ubertragungsfahigkeiten der zweiten Kupplung ( $k_{HA\_L}$ ) und der dritten Kupplung ( $k_{HA\_R}$ ) einstellbar ist.

Zusammenfassung

Antriebsstrang und Verfahren zum Steuern und Regeln  
eines Antriebsstranges

5

10 Es wird ein Antriebsstrang (1) eines Allradfahrzeuges mit wenigstens zwei antreibbaren Fahrzeugachsen (4, 5), mit einem zwischen einer Antriebsmaschine (2) und den Fahrzeugachsen (4, 5) angeordneten Hauptgetriebe (3) zum Darstellen verschiedener Übersetzungen und mit drei steuer- und regelbaren reibschlüssigen Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) beschrieben. Eine erste Kupplung ( $k_{VA}$ ) ist zwischen dem Hauptgetriebe (3) und einer ersten Fahrzeugachse (4) angeordnet. Eine zweite Kupplung ( $k_{HA\_L}$ ) und eine dritte Kupplung ( $k_{HA\_R}$ ) sind jeweils zwischen einem Achsgetriebe (7) und einem Antriebsrad (5A, 5B) der zweiten Fahrzeugachse (5) angeordnet. Die Übertragungsfähigkeiten der Kupplungen ( $k_{VA}$ ,  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) sind jeweils über eine Aktuatorik (8) einstellbar und ein Antriebsmoment ist zwischen den antreibbaren Fahrzeugachsen (4, 5) in Abhängigkeit der eingestellten Übertragungsfähigkeiten der Kupplungen ( $k_{VA}$ , 15  $k_{HA\_L}$ ,  $k_{HA\_R}$ ) verteilbar.

20

25

Fig. 1

1 / 5

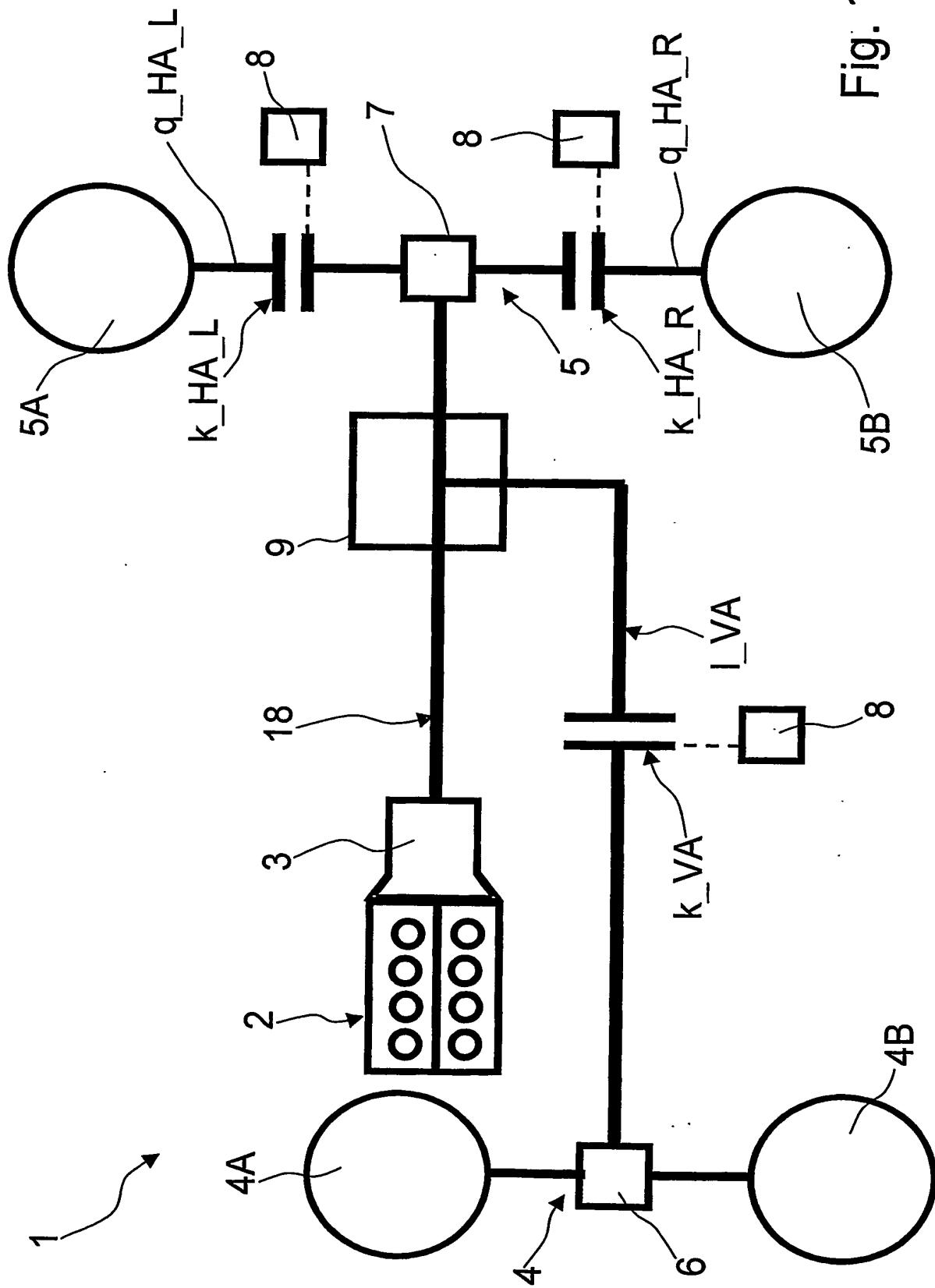


Fig. 1

2 / 5

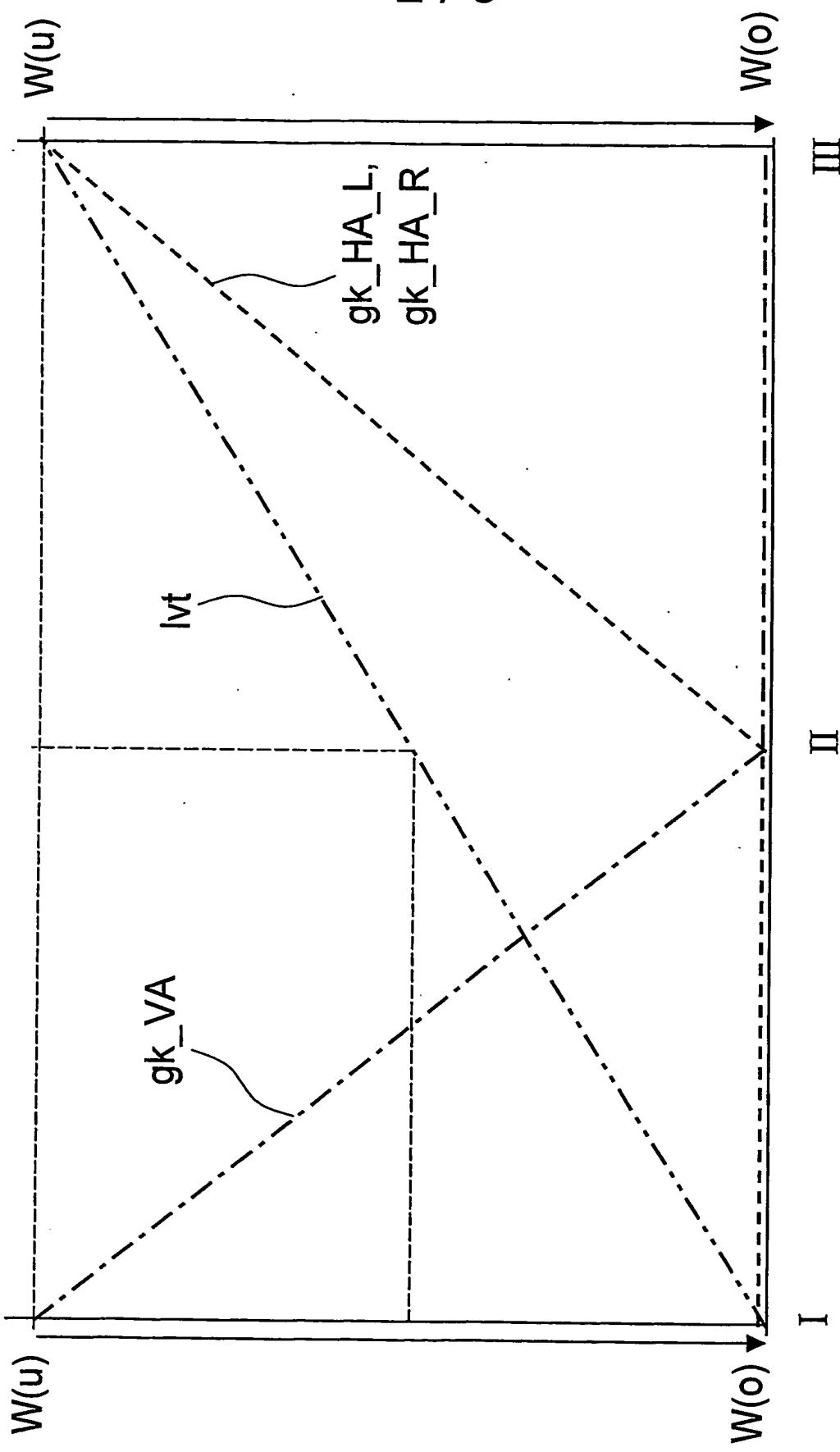


Fig. 2

3 / 5

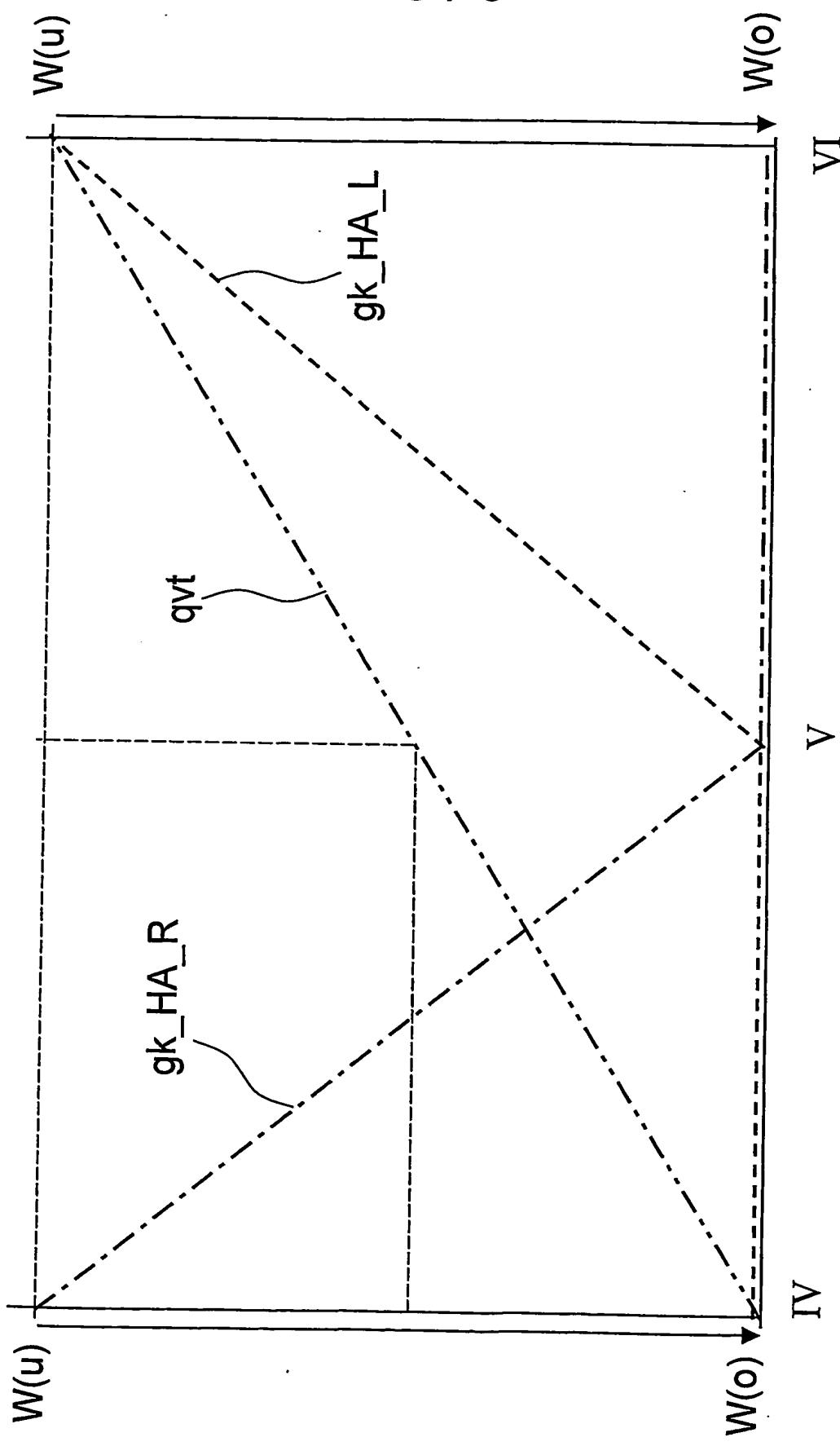


Fig. 3

4 / 5

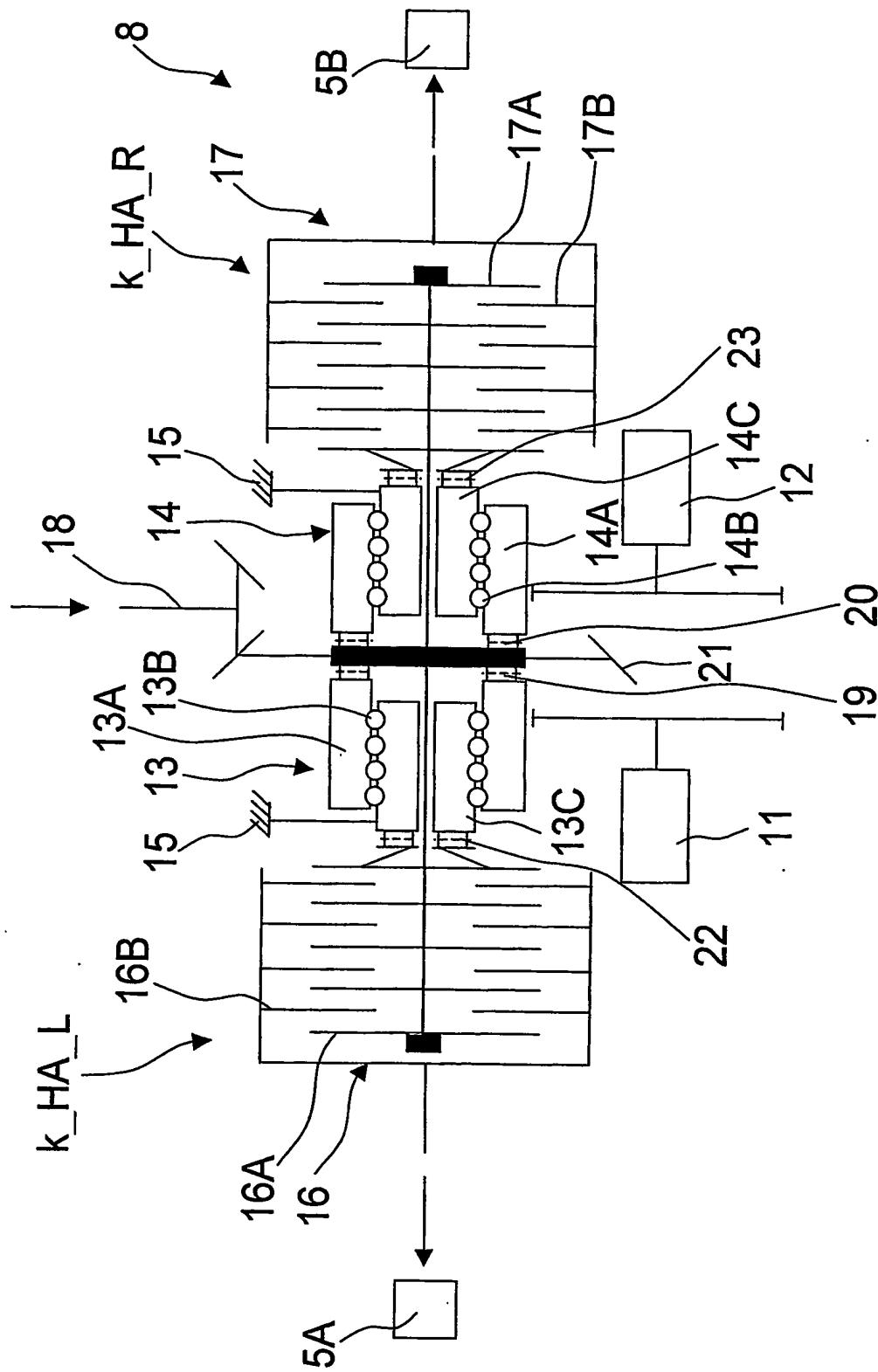


Fig. 4

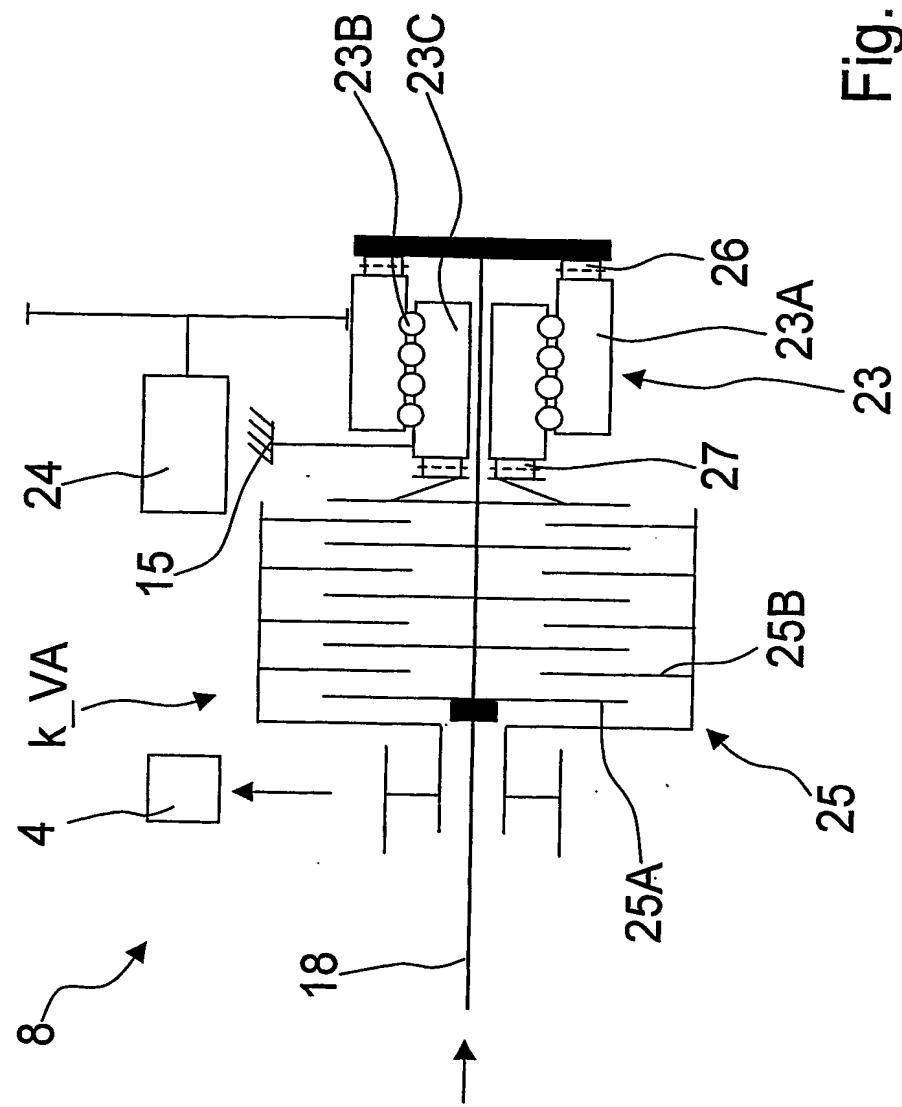


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**